

**IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE**

In re Patent Application of:

Toshiya KISHIDA, et al.

Application No.:

Group Art Unit:

Filed: December 5, 2003

Examiner:

For: VARIABLE OPTICAL ATTENUATOR

**SUBMISSION OF CERTIFIED COPY OF PRIOR FOREIGN  
APPLICATION IN ACCORDANCE  
WITH THE REQUIREMENTS OF 37 C.F.R. § 1.55**

Commissioner for Patents  
PO Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

In accordance with the provisions of 37 C.F.R. § 1.55, the applicant(s) submit(s) herewith a certified copy of the following foreign application:

Japanese Patent Application No(s). 2003-011424

Filed: January 20, 2003

It is respectfully requested that the applicant(s) be given the benefit of the foreign filing date(s) as evidenced by the certified papers attached hereto, in accordance with the requirements of 35 U.S.C. § 119.

Respectfully submitted,

STAAS & HALSEY LLP

Date: December 5, 2003

By: 

Paul I. Kravetz  
Registration No. 35,230

1201 New York Ave, N.W., Suite 700  
Washington, D.C. 20005  
Telephone: (202) 434-1500  
Facsimile: (202) 434-1501

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日            2 0 0 3 年   1 月 2 0 日  
Date of Application:

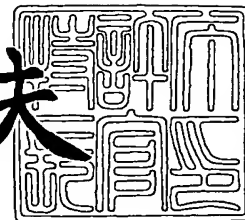
出 願 番 号            特 願 2 0 0 3 - 0 1 1 4 2 4  
Application Number:  
[ST. 10/C] :            [ J P 2 0 0 3 - 0 1 1 4 2 4 ]

出   願   人            富 士 通 株 式 会 社  
Applicant(s):

2 0 0 3 年   9 月 2 5 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出証番号   出証特 2 0 0 3 - 3 0 7 9 0 8 4

【書類名】 特許願

【整理番号】 0251838

【提出日】 平成15年 1月20日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G02B 26/02

【発明の名称】 可変光減衰器

【請求項の数】 5

【発明者】

    【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内

    【氏名】 岸田 俊哉

【発明者】

    【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内

    【氏名】 山根 隆志

【発明者】

    【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内

    【氏名】 国兼 達郎

【特許出願人】

    【識別番号】 000005223

    【氏名又は名称】 富士通株式会社

【代理人】

    【識別番号】 100092978

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 真田 有

    【電話番号】 0422-21-4222

## 【手数料の表示】

【予納台帳番号】 007696

【納付金額】 21,000円

## 【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9704824

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 可変光減衰器

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 複数の入力光ファイバと複数の出力光ファイバとが接続されるとともに、該入力光ファイバからの光をそれぞれ入力光とする複数の入力レンズと、該出力光ファイバへ結合すべき出力光を集光して該出力光ファイバに結合する複数の出力レンズとをそなえた入出力光学系と、

該入出力光学系の出力側に設けられた複屈折部材と、

該複屈折部材から出射される各入力光の偏光状態を可変しうる液晶部材と、

該液晶部材を透過する光を反射して該液晶部材及び該複屈折部材を通じて該入出力光学系の該出力レンズへ戻す反射部材とをそなえたことを特徴とする、可変光減衰器。

【請求項 2】 該入出力光学系、該複屈折部材、該液晶部材及び該反射部材が一体化されていることを特徴とする、請求項 1 記載の可変光減衰器。

【請求項 3】 該入出力光学系が、

該複数の入力光ファイバをアレイ状に配列して接続するとともに該複数の出力光ファイバを該入力光ファイバと同一方向にアレイ状に配列して接続するファイバアレイブロックと、

該複数の入力レンズを該入力アレイファイバブロックでの該入力光ファイバの配列に応じてアレイ状に配列するとともに、該複数の出力レンズを該出力アレイファイバブロックでの該出力光ファイバの配列に応じてアレイ状に配列したレンズアレイブロックとにより構成されたことを特徴とする、請求項 1 又は請求項 2 に記載の可変光減衰器。

【請求項 4】 該液晶部材が、該複屈折部材において分離される該入力光の異なる偏光成分毎にその偏光状態を制御するために、液晶と当該液晶に電界を印加するための電極との組を複数組そなえて構成されたことを特徴とする、請求項 1～3 のいずれか 1 項に記載の可変光減衰器。

【請求項 5】 複数の入力光ファイバが接続されるとともに該入力光ファイバからの光をそれぞれ入力光とする複数の入力レンズをそなえた入力光学系と、

該入力光学系の出力側に設けられた第 1 の複屈折部材と、  
該第 1 の複屈折部材から出射される各入力光の偏光状態を可変しうる液晶部材と、  
該液晶部材の出力側に設けられた第 2 の複屈折部材と、  
複数の出力光ファイバが接続されるとともに該第 2 の複屈折部材からの出力光を集光して対応する出力光ファイバに結合する複数の出力レンズをそなえた出力光学系とをそなえたことを特徴とする、可変光減衰器。

#### 【発明の詳細な説明】

#### 【0 0 0 1】

##### 【発明の属する技術分野】

本発明は、可変光減衰器に関し、特に、光の偏光状態を制御することで入出力光ファイバ間の光結合量を可変して出力光パワーを可変しうる可変光減衰器に関する。

#### 【0 0 0 2】

##### 【従来の技術】

近年、インターネットトラフィックの増大に伴い光通信容量の増大化が急務である。その増大策の一つに、ビットレートの増大と波長多重（WDM：Wavelength Division Multiplex）による増大があり、このシステムを構成する光デバイスの実現が急がれている。

#### 【0 0 0 3】

ここで、WDM伝送とは多数の波長を一本の光伝送路（光ファイバ）中を伝送させる手法であり、個々の波長に情報を載せ容量を増大させる。しかしながら、光ファイバ中を伝送する場合、個々の波長での伝播損失が異なり、長距離伝送後の光レベルが個々の波長で変わってしまう現象が起きる。

また、光伝送路に分岐用デバイスや E D F（Erbium Doped Fiber）アンプが用いられた場合は本現象がより顕著となる。このため、光伝送する前に個々の波長における光レベルを一定にする必要がある。この解決策として、個々の波長のレベルを制御する可変光減衰器（以下、光アッテネータともいう）等を用い、送信時の光出力を伝送後の光レベルが一定となるように予め制御しておく手法（プリ

エンファシスと呼ばれる) がある。ただし、WDM伝送を想定する場合、個々の波長(チャンネル) 毎に光レベルを設定する必要があるので、チャンネル毎に光パワーを可変できる光アッテネータを設ける必要がある。

#### 【0 0 0 4】

しかしながら、現状では、チャンネル毎に光アッテネータを実装していることが多く、光中継器等の装置の大型化、コストアップを招いている。そこで、これらの小型化策として、従来は、下記特許文献 1 により提案されているものがある。即ち、例えば図 1 6 (A) 及び図 1 6 (B) に示すように、平面型の光導波路デバイス (P L C : Planner Lightwave Circuit) 1 0 0 を用いて複数チャンネルの光パワーを個々に可変しうる光アッテネータを 1 つのデバイスとして構成すること等が開発されてきている。なお、図 1 6 (A) は光アッテネータの上面図、図 1 6 (B) は光アッテネータの側面図である。

#### 【0 0 0 5】

これらの図 1 6 (A) 及び図 1 6 (B) に示す光アッテネータは、テープファイバ(複数の光ファイバを寄せ集めてテープ状に成形したもの) 2 0 0 がパッケージ(筐体) 4 0 0 内の P L C 1 0 0 の対向する入出力部にそれぞれ接続されており、電気端子 3 0 0 を通じて P L C 1 0 0 内にチャンネル数に応じて設けられている電極に所望電圧を印加することにより、チャンネル毎に導波路の屈折率を変化させて光パワーを可変することができるようになっている。

#### 【0 0 0 6】

なお、従来、光の偏光状態を液晶分子の配列制御により可変することを利用して、画像や文字等の手書き入力及び表示が可能な「手書き入力表示装置」が下記特許文献 2 に記載されている。

#### 【0 0 0 7】

##### 【特許文献 1】

特開 2 0 0 0 - 1 8 0 8 0 3 号公報

##### 【特許文献 2】

特開昭 6 3 - 2 0 1 8 1 5 号公報

#### 【0 0 0 8】

## 【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上述したような平面型の光導波路デバイス 100 は、一般に、石英基板上に反応性イオンエッチング（R I E : Reactive Ion Etching）等で微細加工を施す必要があるためコストがかかり、また、微細加工技術の限界等の理由によりサイズ面でも十分な小型化が実現されているとはいえない。

## 【0009】

本発明は、このような課題に鑑み創案されたもので、従来よりも小型で低コストな可変光減衰器を提供することを目的とする。

## 【0010】

## 【課題を解決するための手段】

上記の目的を達成するために、本発明の可変光減衰器は、以下の部材をそなえたことを特徴としている（請求項 1）。

(1) 複数の入力光ファイバと複数の出力光ファイバとが接続されるとともに、該入力光ファイバからの光をそれぞれ入力光とする複数の入力レンズと、該出力光ファイバへ結合すべき出力光を集光して該出力光ファイバに結合する複数の出力レンズとをそなえた入出力光学系

(2) 該入出力光学系の出力側に設けられた複屈折部材

(3) 該複屈折部材から出射される各入力光の偏光状態を可変しうる液晶部材

(4) 該液晶部材を透過する光を反射して該液晶部材及び該複屈折部材を通じて該入出力光学系の該出力レンズへ戻す反射部材

ここで、上記の入出力光学系、複屈折部材、液晶部材及び反射部材は一体化されているのが好ましい（請求項 2）。

## 【0011】

また、上記の入出力光学系は、該複数の入力光ファイバをアレイ状に配列して接続するとともに該複数の出力光ファイバを該入力光ファイバと同一方向にアレイ状に配列して接続するファイバアレイブロックと、該複数の入力レンズを該入力アレイファイバブロックでの該入力光ファイバの配列に応じてアレイ状に配列するとともに、該複数の出力レンズを該出力アレイファイバブロックでの該出力光ファイバの配列に応じてアレイ状に配列したレンズアレイブロックとにより構



成されるのが好ましい（請求項 3）。

#### 【0 0 1 2】

さらに、上記の液晶部材は、該複屈折部材において分離される該入力光の異なる偏光成分毎にその偏光状態を制御するために、液晶と当該液晶に電界を印加するための電極との組を複数組そなえて構成されていてもよい（請求項 4）。

また、本発明の他の態様の可変光減衰器は、以下の部材をそなえたことを特徴としている（請求項 5）。

#### 【0 0 1 3】

(1) 複数の入力光ファイバが接続されるとともに該入力光ファイバからの光をそれぞれ入力光とする複数の入力レンズをそなえた入力光学系

(2) 該入力光学系の出力側に設けられた第 1 の複屈折部材

(3) 該第 1 の複屈折部材から出射される各入力光の偏光状態を可変しうる液晶部材

(4) 該液晶部材の出力側に設けられた第 2 の複屈折部材

(5) 複数の出力光ファイバが接続されるとともに該第 2 の複屈折部材からの出力光を集光して対応する出力光ファイバに結合する複数の出力レンズ

#### 【0 0 1 4】

##### 【発明の実施の形態】

以下、図面を参照して本発明の実施の形態を説明する。

##### 〔A〕第 1 実施形態の説明

##### （A 1）基本構成の説明

図 1（A）は本発明の第 1 実施形態としての可変光減衰器（以下、光アッテネータともいう）の基本構成を光路も併せて示す模式的平面図、図 1（B）は図 1（A）に示す光アッテネータの模式的側面図、図 2 はこれらの図 1（A）及び図 1（B）に示す光アッテネータを部分的に透明にして示す模式的斜視図である。

#### 【0 0 1 5】

これらの図 1（A）、図 1（B）及び図 2 に示すように、本実施形態の光アッテネータは、基本構成として、ファイバアレイブロック（ファイバ整列精密部材）2、レンズアレイブロック（レンズ整列精密部材）3、複屈折結晶 4、液晶素

子（液晶部材）5 及び反射素子（反射部材）6 をそなえて構成されている。なお、これらのファイバアレイブロック 2，レンズアレイブロック 3，複屈折結晶 4，液晶素子 5 及び反射素子 6 は、互いに空間を空けずに互いの光入射面あるいは光出射面と接して配置されて、一体化されている。

#### 【0016】

ここで、上記のファイバアレイブロック（以下、単に「ファイバブロック」ともいう）2 には、入力光ファイバ 1 a と出力光ファイバ 1 b とが同一方向（図 3 に示す Z 軸方向）に接続され、レンズアレイブロック（以下、単に「レンズブロック」ともいう）3 には、上記の各光ファイバ 1 a，1 b とそれぞれ光軸が一致するように Z 軸方向に配列された入力レンズ 3 a 及び出力レンズ 3 b が設けられている。入力レンズ 3 a 及び出力レンズ 3 b には、入力光をコリメート光に変換するコリメートレンズや集光レンズが適用できる。

#### 【0017】

また、ファイバブロック 2 には、入力光ファイバ 1 a のコアから出射される光をレンズブロック 3 の入力レンズ 3 a へ伝播・入力する入力導波路（入力ポート）2 a と、逆に、出力レンズ 3 b から出射される光を出力光ファイバ 1 b のコアへ伝播・入力する出力導波路（出力ポート）2 b とが設けられている。

つまり、上記のファイバブロック 2 とレンズブロック 3 とで入出力光学系が構成されている。なお、レンズブロック 3 において、入力レンズ 3 a は、ここでは、入力ポート 2 a からの入力光をコリメート光に変換する機能を果たし、出力レンズ 3 b は、後述する反射素子 6 で反射されてくる光を集光して出力ポート 3 b に結合させる機能を果たす。また、図 1（B）に示すように、例えば、入力レンズ 3 a と出力レンズ 3 b との間のギャップ（入出力レンズ間ギャップ）G を 0.25 mm（=250 $\mu$ m）とした場合、各ファイバ 1 a，1 b は Z 軸方向のギャップ（入出力ファイバ間ギャップ）g が約 0.3mm（300 $\mu$ m）となるように固定される。

#### 【0018】

次に、複屈折結晶（複屈折部材）4 には、例えば、光学軸が 45° にカットされたルチル板（他の結晶でも可）を用いる。このようなルチル板を用いると、図

1 (A) 及び図 2 中に示すように、入力レンズ 3 a から入射された光はルチル板を X 軸方向へ伝播する際に互いに直交する偏光成分 (常光 4 1 と異常光 4 2) に分離 (Y 軸方向) される。なお、図 1 (A) では、常光 4 1 と異常光 4 2 の分離幅 (反射素子 6 での Y 軸方向の反射位置間距離) S が 0.25mm (250 $\mu$ m) となるよう、ルチル板の板厚 d (X 軸方向の厚み) は 2.5mm としている。

#### 【0019】

また、液晶素子 5 は、この複屈折結晶 4 から出射される各光 (ビーム) の偏光状態を個々 (常光 4 1 及び異常光 4 2 毎) に可変しうるもので、例えば、2 枚のガラス板 5 1, 5 2 で液晶 5 3 を挟み込んだ構造を有しており、ガラス板 5 1, 5 2 間に任意の電界を印加して液晶素子 5 のもつ複屈折性を変化させることで液晶素子 5 を抜けた光ビームが直線偏光から楕円偏光に変換される現象を活用する。なお、かかる現象を利用できれば、液晶素子 5 は、一般的に使用されるネマチックタイプのものでも良いし、その他のタイプ (スメクチックタイプ等) のものでも良い。

#### 【0020】

例えば、TN (Twisted Nematics) 型の液晶素子 5 の構造を、「液晶ディスプレイの原理」 (シャープ株式会社, インターネット <URL: [http://www.sharp.co.jp/sc/library/lcd/s2\\_1\\_1.htm](http://www.sharp.co.jp/sc/library/lcd/s2_1_1.htm)>) に基づいて説明すると、図 3 及び図 4 に模式的に示すように、液晶素子 5 は、一定方向に溝を刻んだガラス板 (配向膜) 5 1, 5 2 を前記溝の向きを互いに 90° 変えた状態で液晶 5 3 の分子 5 3' を間に挟み込んだ構造を有している。

#### 【0021】

かかる構造では、自然状態において長軸方向に緩やかな規則性をもって並ぶ液晶 5 3 の分子 5 3' (以下、液晶分子 5 3' と表記する) が各ガラス板 5 1, 5 2 の溝に沿って並ぶことになり、しかも、ガラス板 5 1 側に接触している液晶分子 5 3' とガラス板 5 2 側に接触している液晶分子 5 3' とがガラス板 5 1, 5 2 間で 90° ねじれた状態となる。

#### 【0022】

光は液晶分子 5 3' の並ぶ隙間に沿って通るので、このように液晶分子 5 3'

の配列がねじれている場合には、図 5 に模式的に示すように、光もそのねじれに沿って進むことになる（直線偏光が楕円偏光に変換される）。そして、図 6 に模式的に示すように、ガラス板 51, 52 間に電圧を印加すると、その電圧に応じて液晶分子 53' の配列が変わる（電界に沿って並ぶ）ため、光は直進する（直線偏光は直線偏光のまま通過する）ようになる。

#### 【0023】

以上のような原理により、液晶素子 5 は、外部からの印加電圧（電界）に応じて、入力されたビーム光の偏光状態を連続的に可変することができる。ここで、前述したように常光 41 及び異常光 42 毎にその偏光状態を独立して可変（制御）するためには、液晶素子 5 を、例えば図 7（A）及び図 7（B）に示すように構成する。

#### 【0024】

即ち、図 7（A）は液晶素子 5 の要部の構成を示す模式的平面図、図 7（B）は図 7（A）の A 矢視側面図であるが、これらの図 7（A）及び図 7（B）に示すように、シール材 54 により仕切られた液晶 53 と当該液晶 53 に電圧（電界）印加するための透明（光透過性）電極 55a, 55b との組を、常光 41 及び異常光 42 の別（つまり、異なる偏光成分毎）に、ガラス板 51, 52 間に配列する。透明電極 55a, 55b には、例えば ITO（Indium-Tin Oxide）電極を用いることができる。

#### 【0025】

ただし、上記の液晶 53 及び透明電極 55a, 55b の組は必ずしも常光 41 及び異常光 42 の別に設ける必要はなく、常光 41 及び異常光 42 に共通として、分離前の入力光の数（即ち、入力ポート数）だけ設けるようにしてもよい。もっとも、常光 41 及び異常光 42 に個別に設けた方が、光減衰量の制御をより精密に行なえ、偏波消光比の向上が期待できる。

#### 【0026】

さらに、反射素子 6 は、上記液晶素子 5 を通過してきた光を反射して液晶素子 5 及び複屈折結晶 4 へ再び導入するもので、本実施形態では、液晶素子 5 の光射出面（ガラス板 52 の裏面）に成膜された全反射膜として構成されている。この

全反射膜は、誘電体多層膜でもよいし金属膜（Al, Au等）でもよい。なお、反射素子6は、液晶素子5の後段に個別デバイスとして設けても良いが、このように反射膜の成膜により液晶素子5と一体化した方が可変光アッテネータの小型化に有利である。

#### 【0027】

以下、上述のごとく構成された本実施形態の光アッテネータの基本動作について説明すると、まず、上段の入力光ファイバ1aから出射された光は入力ポート2aを通じて光軸方向に設けられている入力レンズ3aに入射し、入力レンズ3aによりコリメート光に変換されて複屈折結晶4に入射する。

複屈折結晶4に入射した光は、常光41と異常光42とに分離して液晶素子5に入射する。液晶素子5には、上述したように個々のビームに対して液晶53及び透明電極55a, 55bが設けられており、各々が独立に制御できる構成になっているので、液晶素子5に入射した常光41及び異常光42はそれぞれ対応する液晶53にてその偏光状態が個々に制御される。

#### 【0028】

これにより、液晶素子5を通過した光は、液晶53の複屈折性により、例えば、直線偏光から楕円偏光（直線偏光成分に垂直偏光成分が合成した状態）となり、液晶素子5の裏面に形成された反射素子6に入射する。

反射素子6で反射した光は、再び液晶素子5に入射し、対応する液晶53の複屈折性により上記と同じ偏光状態変化が生じて、複屈折結晶4に入射する。すると、複屈折結晶4に入射した光のうち、入力レンズ3から複屈折結晶4に入射した光（往路光）の偏光状態と一致する成分のみが、最終的に、出力レンズ3bを通じて下段の出力ポート2bに結合して出力光ファイバ1bへ出力されることになる。なお、図1（A）に示すように、他の成分（光線）43, 44は出力ポート2bには戻らず結合しない。

#### 【0029】

したがって、液晶53毎に設けられた2つの電極55a, 55bに対する印加電圧制御による液晶分子53'の配列制御により、複屈折結晶4を往復し液晶素子5を通過する光の偏光状態を液晶素子5への入力ビーム毎に制御することで、

出力ポート 2 b（出力光ファイバ 1 b）への光結合量をチャンネル毎に自由に可変することができ、光出力パワーをチャンネル毎に可変することが可能となる。

#### 【0030】

##### （A2）具体例の説明

次に、以下では、上述したような基本構造を前提に、具体例として、アレイ型光可変アッテネータについて説明する。

図8は本実施形態のアレイ型可変光アッテネータの構成を示す模式的上面図で、この図8に示すアレイ型可変光アッテネータは、複数の入力光ファイバ 1 a（図8では12本分）を寄せ集めてテープ状に成形した多芯（12芯）テープファイバ 1 0 が入力テープファイバとしてファイバブロック 2 の上段に接続される構造になっている。

#### 【0031】

なお、図8には図示していないが、同様の多芯（12芯）テープファイバが出力テープファイバとしてファイバブロック 2 の下段部に接続されている。つまり、本例では、ファイバブロック 2 に所望の精度で各テープファイバを上下（図2のZ軸方向と同じ方向）2段に固定している。なお、これらの多芯テープファイバ（以下、単に「テープファイバ」ともいう）の固定には、例えば、エポキシ系の光学接着剤等を用いる。

#### 【0032】

そして、ファイバブロック 2 の上段部には、テープファイバ 1 0 の芯数に対応した数（12個）の入力ポート 2 a が入力テープファイバ 1 0 のファイバコア間隔〔例えば、 $250\mu\text{m}$ 間隔（ピッチ）〕でXY平面においてアレイ状に配列されており、下段部には、12個の出力ポート 3 a が同様に、ファイバコア間隔でXY平面においてアレイ状に配列されている。

#### 【0033】

また、レンズブロック 3 には、その上段部に、各入力ポート 2 a の光軸と一致するよう12個の入力レンズ 3 a がXY平面内に配列され、下段部に、各出力ポート 2 b の光軸と一致するよう12個の出力レンズ 3 b がXY平面内に配列されている。

つまり、ファイバブロック 2 には、 $2 \times 12$  個 = 24 個のポートが YZ 平面においてアレイ状に配列されており、同様に、レンズブロック 3 には、 $2 \times 12 = 24$  個のレンズがファイバブロック 2 のポート配列（入力光ファイバ 1 a 及び出力光ファイバ 1 b の配列）に合わせて YZ 平面内においてアレイ状に配列されていることになる。

#### 【0034】

複屈折結晶 4 は、ここでは、常光 4 1 と異常光 4 2 の分離幅 S が約 0.1mm (100 $\mu$ m) となるように、その板厚 d が 1mm に設定されている。

さらに、液晶素子 5 には、図 7 (A) 及び図 7 (B) により前述したように、シール材 5 4 により仕切られた液晶 5 3 と透明電極 5 5 a, 5 5 b との組が、各入力ポート 2 a からの入力光の常光 4 1 及び異常光 4 2 毎に（計 24 組）設けられている。

#### 【0035】

なお、この場合でも、液晶素子 5 は、単一のガラス板 5 1 (5 2) を用いればよく、1つのガラス板 5 2 に光ビーム径（約 200 $\mu$ m）に相当する幅の電極を必要な数だけ形成すれば容易にアレイ化が可能である。また、液晶 5 3 と透明電極 5 5 a, 5 5 b の組は、この場合も、常光 4 1 及び異常光 4 2 に共通として入力ポート毎に設けるようにしてもよい。

#### 【0036】

以上のようにして、多チャンネル（12チャンネル）対応のアレイ型可変光アッテネータを、多チャンネル化に伴う大型化や実装面積拡大を抑制して小型且つ低コストで実現可能となる。また、チャンネル数が増加した場合でも、各部材のアレイ化により一括構成が可能なため、1チャンネル当たりの単価は従来のものよりも大幅に削減可能となる。

#### 【0037】

特に、本可変光アッテネータは、ファイバブロック 2, レンズブロック 3, 複屈折結晶 4, 液晶素子 5 及び反射素子 6 が互いに空間を空けずに配置されて一体化されているので、例えばファラデー回転子等を用いた従来のアッテネータに比して、大幅な小型化が可能である。

なお、図9 (A) 及び図9 (B) に本アレイ型可変光アッテネータの製品概観例を示す。即ち、図9 (A) は本アレイ型可変光アッテネータの製品概観を示す模式的上面図、図9 (B) は同じ製品概観を示す模式的側面図であり、これらの図9 (A) 及び図9 (B) に示すように、本アレイ型可変光アッテネータは、上記のファイバブロック2、レンズブロック3、複屈折結晶4、液晶素子5及び反射素子6がポリフェニレンサルファイド樹脂 (PPS) やエポキシ樹脂等の樹脂製 (あるいは、金属製でもよい) のプリモールドパッケージ (筐体) 11 (長さ約18mm、幅約8mm、厚さ5mm) に収納されて構成される。ただし、これらの図9 (A) 及び図9 (B) において、符号12は電気端子を示し、この電気端子12を通じて液晶素子5の透明電極55a、55bに所望の電圧が印加されるようになっている。

#### 【0038】

また、上記と同等の光学系が実現できれば、Y軸方向のレンズ間ギャップは250 $\mu$ mよりも小さくしても構わない。また、テープファイバの固定は、勿論、接着剤による固定のみに限定されるものではない。さらに、入出力光学系を構成するのに上記のように入力及び出力用にそれぞれ個別のテープファイバを用いる代わりに、一般に入手可能な2 $\times$ 12芯のファイバを用いることもできる。

#### 【0039】

##### (A3) 第1変形例の説明

次に、図10は上述したアレイ型可変光アッテネータの第1変形例を示す模式的平面図で、この図10に示す可変光アッテネータは、図8に示すものに比して、常光41及び異常光42の反射素子6での分離幅Sが約250 $\mu$ mとなるように、複屈折結晶4の厚み (X軸方向の長さ) を約2.5mmとし、且つ、入力ポート2a間のピッチを入力レンズ3a間のピッチ (約250 $\mu$ m) よりも大きく (約750 $\mu$ m) している。このため、この図10に示す可変光アッテネータでは、入力光ファイバ1a及び入力ポート2aの数 (つまり、チャンネル数) を“4”としている。

#### 【0040】

なお、この図10においても、図示を省略しているが、ファイバブロック2の



下段部には、入力光ファイバ1 a 及び入力ポート 2 a とそれぞれ同数の出力光ファイバ1 b が入力光ファイバ1 a 間及び入力ポート 2 a 間とそれぞれ同じピッチで配列され、レンズブロック 3 の下段部には、入力レンズ 3 a と同数の出力レンズ 3 b が入力レンズ 3 a 間と同じピッチで配列されている。

#### 【0041】

このように、入力光ファイバ1 a 間及び出力光ファイバ1 b 間のピッチを、入力レンズ 3 a 間及び出力レンズ 3 b 間のピッチよりも広く設定することにより、偏波消光比を大きく取ることが可能となり、隣接ポート間の干渉（チャンネル間干渉）を抑制することができる。

したがって、この場合、液晶素子 5 は、1 組の液晶 5 3 及び透明電極 5 5 a, 5 5 b で全ポート数をカバーできるだけのサイズ（例えば、Y 軸方向0.5mm×Z 軸方向2.5mm）にして、全チャンネル（ポート）の光減衰度を一括制御することも可能である。もっとも、チャンネル毎（さらには、常光 4 1 及び異常光 4 2 毎）に液晶 5 3 及び透明電極 5 5 a, 5 5 b の組を設けて、個別に制御した方が、より制御精度及び偏波消光比の向上が期待できるのはいうまでもない。

#### 【0042】

なお、本例においても、上記の入力光ファイバ1 a （出力光ファイバ1 b ）及び入力レンズ 3 a （出力レンズ 3 b ）には、それぞれ、アレイ化（一体化）されたものを用いてもよい。

#### （A 4）第2変形例の説明

次に、図 1 1 は上述したアレイ型可変光アッテネータの第2変形例を示す模式的平面図で、この図 1 1 に示す可変光アッテネータは、図 1 0 により上述したものと同様のものであるが、図 1 0 に比して、反射素子 6 が、全反射膜ではなく入射光の一部を通過させるカップラー膜 6 a として構成されるとともに、本カップラー膜 6 a の後方に、光モニタ用のフォトダイオード（PD）6 1 がY 軸方向にアレイ状に配列され、且つ、レンズブロック 3 のファイバブロック 2 側の面に、それぞれ2 組の光モニタ用の PD 3 1, 3 2 から成る PD ブロック 3 0 が、入力ポート 2 a の両サイドに設けられている点が異なる。

#### 【0043】

ここで、カップラー膜 6 a の後方に位置する PD (受光部) 6 1 は、少なくとも、液晶素子 5 から出射される光線 (あるいは、複屈折結晶 4 で分離される常光 4 1 及び異常光 4 2) がカップラー膜 6 a に到達する位置毎に設けられており、これらの PD 6 1 にてそれぞれ入力光の光量 (入力光パワー) をモニタできる構成となっている。なお、これらの PD 6 1 については、個別部品として個々に配置してもよいが、部品点数、製造工数の削減等の点で、上記到達位置のピッチに合わせてアレイ状に一体に配列されたアレイ型 PD デバイスを用いるのが好ましい。

#### 【0044】

一方、レンズブロック 3 の前方に位置する PD (受光部) 3 1, 3 2 の組は、カップラー膜 6 a で反射した光のうち出力ポート 2 b に戻らない (結合しない) 光線を受光するために設けられており、ここでは、例えば、一方の PD 3 1 で出力ポート 2 b に結合しない異常光 4 2 の反射光 (出力光) を受光し、他方の PD 3 2 で出力ポート 2 b に結合しない常光 4 1 の反射光 (出力光) を受光するように配置されている。なお、これらの PD 3 1, 3 2, 6 1 の詳細構成については後述する。

#### 【0045】

以下、上述のごとく構成されたアレイ型可変光アッテネータの動作について説明すると、入力光ファイバ 1 a から出射された光は、対応する入力ポート 2 a を通じて対応する入力レンズ 3 a に入射し、その入力レンズ 3 a にてコリメート光に変換されて、複屈折結晶 4 に入射する。複屈折結晶 4 では、入力光が常光 4 1 と異常光 4 2 とに分離され、それぞれの光線が液晶素子 5 を通過して、カップラー膜 6 a に入射する。

#### 【0046】

そして、カップラー膜 6 a を通過した光線 (常光 4 1 及び異常光 4 2) はそれぞれ PD 6 1 に入射し、常光 4 1 及び異常光 4 2 毎に PD 電流が出力される。したがって、常光 4 1 の PD 電流値を PD<sub>1</sub>、異常光 4 2 の PD 電流値を PD<sub>2</sub> とすると、これら 2 つの PD 電流値を足し合わせた値 (両者の受光感度和 = PD<sub>1</sub> + PD<sub>2</sub>) が入力光のパワーに相当することになる。

#### 【0047】

一方、カップラー膜 6 a で反射した光のうち入射光と同じ偏光成分をもつ光は、前述したように複屈折結晶 4 を介して出力ポート 2 b に結合するが、液晶素子 5 によって偏光成分が変更されて複屈折結晶 4 に入射した光線は、往路と同様に常光と異常光とに分離し、出力ポート 2 b に戻る光線と、複屈折し出力ポート 2 b の両側（ここでは、出力ポート 2 b の両側  $250\mu\text{m}$  の位置）へ進行し出力ポート 2 b に戻らない光線 4 3, 4 4 とが生じる。

#### 【0048】

これらの光線 4 3, 4 4 は、それぞれ、PD 3 1, 3 2 で受光される。ここで、常光の PD 電流値を PD 3、異常光の電流値を PD 4 とすると、PD 3 + PD 4 の値（PD 出力値）が出力ポート 2 b に結合しない光量に相当する。したがって、前述した入力光についての PD 出力値（PD 1 + PD 2）から出力光についての PD 出力値（PD 3 + PD 4）を差し引いた値が光減衰量に相当する。

#### 【0049】

以上の PD 出力値の演算により、入力光パワー及び出力光パワーをモニタすることが可能となり、光出力可変部品として必要不可欠な光モニタ機能を内蔵でき、且つ、小型で低コストな可変光アッテネータを実現することができる。

なお、上記の PD 3 1, 3 2, 6 1 の構造としては、カップラー膜 6 a やレンズアレイブロック 3（あるいは、複屈折結晶 4）に直接貼り合わせることが可能な裏面入射型の PD とするのが好適であるが、勿論、一般的に良く用いられる表面入射型の PD を用いることも可能である。ただし、この場合は、配線の都合上、カップラー膜 6 a と PD の光入射面との間に所要の空間を設ける必要がある。また、PD の固定には例えばエポキシ系の光学接着剤が好適である。

#### 【0050】

いずれのタイプの PD を用いる場合にも、PD 3 1, 3 2, 6 1 の受光径は、例えば  $300\mu\text{m}$  が好適であるが、表面入射型の場合は上記空間にレンズ等を配置することでビーム径を絞ってより受光径の小さい PD を適用することも可能である。

#### （A 5）第 3 変形例の説明

図 1 2 は上述したアレイ型可変光アッテネータの第 3 変形例を示す模式的側面

図で、この図 12 に示す可変光アッテネータは、図 10 に示すものと同様のものであるが、図 10 に比して、ファイバブロック 2 とレンズブロック 3 との間に、光軸方向（X 軸方向）対して直交する方向に入力光及び出力光を取り出せるように、カップラー膜 13 a、13 b を挟み込んだプリズム（カップラー膜プリズム）13 が設けられるとともに、このプリズム 13 の上面の各入力ポート 2 a に対応する位置にそれぞれ PD（入力モニタ PD：受光部）14 a が、プリズム 13 の下面の各出力ポート 2 b に対応する位置にそれぞれ PD（出力モニタ PD：受光部）14 b が設けられている点が異なる。

#### 【0051】

ここで、カップラー膜 13 a 及び 13 b は、それぞれ、入射光の一部（例えば、5%）を光軸方向と直交する方向へ反射し、残り（95%）をそのまま透過する特性を有している。したがって、カップラー膜 13 a は、入力ポート 2 a から入射される光の 5% を反射して PD 14 a に入射し、残りの 95% を透過してレンズブロック 3 の対応する入力レンズ 3 a に入射することになる。

#### 【0052】

一方、カップラー膜 13 b は、レンズブロック 3 の出力レンズ 3 b から出射される光の 5% を反射して PD 14 b に入射し、残りの 95% を透過して対応する出力ポート 2 b へ入射することになる。なお、プリズム 13 の厚み（X 軸方向の長さ）d は例えば 500  $\mu\text{m}$  としている。また、カップラー膜 13 a 及び 13 b の透過率（反射率）は適宜変更可能である。

#### 【0053】

これにより、本例の可変光アッテネータにおいても、入力光パワー及び出力光パワーをチャンネル毎に PD 14 a 及び 14 b によりモニタすることができるので、小型化・低コスト化を図りつつ、光出力可変部品として必要不可欠な光モニタ機能を内蔵することができる。

なお、上記の PD 14 a、14 b についても、裏面入射型の PD を用い、カップラー膜プリズム 13 の表面に直接貼り合わせる構成をとるのが好ましく、その固定にはエポキシ系の接着剤が好適である。勿論、この場合も、一般的に用いられる表面入射型の PD を用いることが可能であるが、配線の都合上、プリズム 13

の表面に直接貼り合わせる構成はとれないので、所要の空間を設ける必要がある。

#### 【0054】

また、いずれのタイプのPDを用いる場合にも、PD14a、14bの受光径は、例えば300 $\mu$ mが好適であるが、表面入射型の場合は上記空間にレンズ等を配置することでビーム径を絞って受光径のより小さいPDを適用することも可能である。さらに、各PD14a（14b）は、プリズム13上に個別に配置してもよいが、入力ポート2a（出力ポート2b）間のピッチに合わせたピッチでアレイ状に一体に配列したアレイ型PDデバイスを配置するようにした方が、部品点数、製造工数の削減等の点で有利である。

#### 【0055】

さらに、上述した例では、入力光及び出力光のそれぞれを取り出してモニタできるように、カップラー膜13a及び入力モニタPD14aの組とカップラー膜13b及び出力モニタPD14bの組の双方をそなえているが、勿論、いずれか一方の組のみをそなえるようにしてもよい。

#### （A6）PDの接続形態

次に、以下では、上述したPD61やPD31、32、14a、14bの構成について詳述する。なお、以下では、説明の便宜上、これらのPDを区別せず、PD20と表記する。

#### 【0056】

##### （A6.1）PD20の第1構成例

図13（A）、図13（B）及び図13（C）はいずれもPD20の第1構成例を説明するための図で、図13（A）は側面図、図13（B）は上面図、図13（C）は図13（B）の裏面を透過して示す図である。

これらの図13（A）、図13（B）及び図13（C）に示す各PD20は、いずれも、裏面入射型のPDで、一方の面にP電極22、他方の面（光受光面）にN電極23をそれぞれ有しており、N電極23側の面を設置面として透明電極等の導電性の透明基板21上にアレイ状に配置・固定されるとともに、各P電極22にそれぞれP電極端子24が接続され、且つ、透明基板21に各N電極23

に共通の端子（N電極共通端子）25が接続される構造になっている。

#### 【0057】

このような構造を採用することにより、N電極23毎にN電極端子を設ける必要がないので、配線数を削減して効率化することができ、上述した可変光アッテネータのさらなる小型化及び低コスト化を図ることが可能となる。

#### （A6. 2）PD20の第2構成例

一方、図14（A）、図14（B）及び図14（C）はいずれもPD20の第2構成例を説明するための図で、上記と同様に、図14（A）は側面図、図14（B）は上面図、図14（C）は図14（B）の裏面を透過して示す図である。これらの図14（A）、図14（B）及び図14（C）に示す各PD20も、裏面入射型のPDであるが、この場合は、一方の面（光入射面）を設置面として透明基板21'上にアレイ状に配列されるとともに、他方の面にP電極端子24の接続されるP電極22とその周囲部に構成されたN電極端子26とが設けられた構造を有している。

#### 【0058】

ここで、透明基板21'は、上述した透明基板20と同様に導電性を有するものでも良いし、非導電性のものでも良い。つまり、この場合は、上述した第1構成例の場合に比して、透明基板21'に用いることのできる材料の制限を緩和して、材料選択幅を広げることができる。したがって、材料の選択によって上述した可変光アッテネータのさらなる低コスト化を図ることが可能となる。

#### 【0059】

なお、このようにPD20を設ける場合、端子24（又は25）及び26のワイヤ部分までカバーするように可変光アッテネータを部分的に樹脂で覆った上で、前述したプリモールドパッケージ11〔図9（A）及び図9（B）参照〕に収納するのが好ましい。

#### 〔B〕第2実施形態の説明

上述した第1実施形態では、反射素子6を用いて反射型の可変光アッテネータを構成したが、反射素子6を用いずに第1実施形態と同様の可変光アッテネータを構成することも可能である。

## 【0060】

即ち、例えば図15に示すように、液晶素子5の入出力側にそれぞれ複屈折結晶4A、4B、レンズ（アレイ）ブロック（レンズ整列精密部材）3A、3B及びファイバ（アレイ）ブロック（ファイバ整列精密部材）2A、2Bを、液晶素子5を中心として対象に配置するのである。なお、この場合も、これらのファイバブロック2A、2B、レンズブロック3A、3B、複屈折結晶4A、4B、液晶素子5は、互いに空間を空けずに互いの光入射面あるいは光出射面と接して配置されて一体化されている。

## 【0061】

そして、本実施形態においても、入力側のファイバブロック2Aには、接続される入力光ファイバ1a毎に、当該入力ポート1aから出射光をレンズブロック3Aに伝播する入力ポート2aが設けられ、入力側のレンズブロック3Aには、入力ポート2aの配列に応じて配置（詳細には、入力ポート2aから出射される入力光の光軸と一致するよう配置）された入力レンズ3aが設けられる。

## 【0062】

なお、入力側及び出力側の複屈折結晶4A及び4B（第1及び第2の屈折部材）は、それぞれ、第1実施形態の複屈折結晶4と同一もしくは同様のものであり、液晶素子5も、第1実施形態にて前述したものと同一もしくは同様のものである。

一方、出力側のレンズブロック3Bには、入力レンズ3aの光軸と一致するように配列された出力レンズ3bが設けられ、出力側のファイバブロック2Bには、入力レンズ3aの光軸と一致するように配置され、それぞれ、出力光ファイバ1bへ、対応する出力レンズ3bからの出射光を伝播する出力ポート2bが設けられる。

## 【0063】

つまり、本構成は、第1実施形態において入出力光学系として往復で兼用になっていたファイバブロック2、レンズブロック3及び複屈折結晶4を、それぞれ、入力光学系（ファイバブロック2A、レンズブロック3A及び複屈折結晶4A）及び出力光学系（ファイバブロック2B、レンズブロック3B及び複屈折結晶

4 B) として個別に設けた構成に相当する。

【0064】

なお、図15では、それぞれ1組のファイバ1 a, 1 b, ポート2 a, 2 b, 入力レンズ3 a, 3 bしか図示していないが、勿論、例えば図8や図10に示すものと同様に、必要チャンネル数に応じた組だけ設けられる。

上述のごとく構成された本実施形態の光アッテネータの動作について説明すると、まず、或る入力光ファイバ1 aから出射された光は入力ポート2 aを通じて光軸方向に設けられている入力レンズ3 aに入射し、入力レンズ3 aによりコリメート光に変換されて入力側の複屈折結晶4 Aに入射する。

【0065】

複屈折結晶4 Aに入射した光は、常光4 1と異常光4 2とに分離して液晶素子5に入射する。液晶素子5には、本例においても、個々のビームに対して液晶5 3及び透明電極5 5 a, 5 5 bが設けられており、各々が独立に制御できる構成になっているので、液晶素子5に入射した常光4 1及び異常光4 2はそれぞれ対応する液晶5 3にてその偏光状態が個々に制御されたのち、出力側の複屈折結晶4 Bに入射する。

【0066】

すると、複屈折結晶4 Bに入射した光のうち、入力レンズ3から複屈折結晶4 Aに入射した光（往路光）の偏光状態と一致する成分のみが、最終的に、出力レンズ3 bを通じて出力ポート2 bに結合して出力光ファイバ1 bへ出力されることになる。

したがって、この場合も、液晶素子5に対する印加電圧制御により、出力ポート2 b（出力光ファイバ1 b）への光結合量をチャンネル毎に自由に可変することができるので、光出力パワーをチャンネル毎に可変することが可能であり、可変光アッテネータを従来よりも低コストで実現できる。

【0067】

また、この場合も、ファイバブロック2 A, 2 B, レンズブロック3 A, 3 B, 複屈折結晶4 A, 4 B, 液晶素子5は、互いに空間を空けずに互いの光入射面あるいは光出射面と接して配置されて一体化されているので、例えばファラデー



回転子等を用いた従来のアッテネータに比して、大幅な小型化が実現される。

なお、本実施形態においても、上記の液晶 53 及び透明電極 55a, 55b の組は必ずしも常光 41 及び異常光 42 の別に設ける必要はなく、常光 41 及び異常光 42 に共通として、分離前の入力光の数（即ち、入力ポート数）だけ設けるようにしてもよい。また、ポート間ピッチを広げて偏波消光比を向上した場合には、1組の液晶 53 及び透明電極 55a, 55b で全ポートをカバーできるようにしてもよい。

#### 【0068】

さらに、図 12 により前述したのと同様に、光軸方向（X 軸方向）対して直交する方向に入力光及び出力光を取り出せるように、カップラー膜をそなえたプリズム（カップラー膜プリズム）を設けるとともに、取り出した光線を受光するモニタ用の PD を設けるようにしてもよい。このようにすれば、本例においても、入力光パワー及び／又は出力光パワーをモニタすることが可能となり、光出力可変部品として必要不可欠な光モニタ機能を内蔵できる。

#### 【0069】

なお、本発明は、上述した各実施形態に限定されず、本発明の趣旨を逸脱しない範囲で種々変形して実施できることはいうまでもない。

#### 〔C〕 付記

（付記 1） 複数の入力光ファイバと複数の出力光ファイバとが接続されるとともに、該入力光ファイバからの光をそれぞれ入力光とする複数の入力レンズと、該出力光ファイバへ結合すべき出力光を集光して該出力光ファイバに結合する複数の出力レンズとをそなえた入出力光学系と、

該入出力光学系の出力側に設けられた複屈折部材と、

該複屈折部材から出射される各入力光の偏光状態を可変しうる液晶部材と、

該液晶部材を透過する光を反射して該液晶部材及び該複屈折部材を通じて該入出力光学系の該出力レンズへ戻す反射部材とをそなえたことを特徴とする、可変光減衰器。

#### 【0070】

（付記 2） 該入出力光学系、該複屈折部材、該液晶部材及び該反射部材が一

体化されていることを特徴とする、付記 1 記載の可変光減衰器。

(付記 3) 該入出力光学系が、

該複数の入力光ファイバをアレイ状に配列して接続するとともに該複数の出力光ファイバを該入力光ファイバと同一方向にアレイ状に配列して接続するファイバアレイブロックと、

該複数の入力レンズを該入力アレイファイバブロックでの該入力光ファイバの配列に応じてアレイ状に配列するとともに、該複数の出力レンズを該出力アレイファイバブロックでの該出力光ファイバの配列に応じてアレイ状に配列したレンズアレイブロックとにより構成されたことを特徴とする、付記 1 又は付記 2 に記載の可変光減衰器。

#### 【 0 0 7 1 】

(付記 4) 該入力光ファイバ間及び該出力光ファイバ間のピッチが、該入力レンズ間及び該出力レンズ間のピッチよりも広く設定されていることを特徴とする、付記 3 記載の可変光減衰器。

(付記 5) 該反射部材が、該液晶部材からの光の一部を透過するカップラー膜として構成され、

該カップラー膜の表面に該カップラー膜からの透過光を受光する入力光モニタ用の受光部が設けられたことを特徴とする、付記 1 記載の可変光減衰器。

#### 【 0 0 7 2 】

(付記 6) 該入出力光学系に、該反射部材により反射された光のうち該液晶部材において偏光状態が可変されることによって該出力光ファイバに結合されない光を受光する出力光モニタ用の受光部が設けられたことを特徴とする、付記 1 記載の可変光減衰器。

(付記 7) 該液晶部材が、該入力光ファイバから出射された光毎にその偏光状態を制御するために、液晶と当該液晶に電界を印加するための電極との組を複数組そなえて構成されたことを特徴とする、付記 1 ～ 6 のいずれか 1 項に記載の可変光減衰器。

#### 【 0 0 7 3 】

(付記 8) 該液晶部材が、該複屈折部材において分離される該入力光の異な

る偏光成分毎にその偏光状態を制御するために、液晶と当該液晶に電界を印加するための電極との組を複数組そなえて構成されたことを特徴とする、付記 1 ～ 6 のいずれか 1 項に記載の可変光減衰器。

(付記 9) 該液晶部材が、液晶分子と当該液晶分子を挟み込むガラス板とをそなえて構成されるとともに、一方のガラス板の表面に該反射部材が成膜されていることを特徴とする、付記 1 ～ 8 のいずれか 1 項に記載の可変光減衰器。

#### 【 0 0 7 4 】

(付記 1 0) 該入出力光学系において、  
該ファイバアレイブロックと該レンズアレイブロックとの間に、光軸方向に対して交差する方向に入射光の一部を反射するプリズム部が設けられるとともに、  
該プリズム部により反射された光を受光する入出力光モニタ用の受光部が設けられたことを特徴とする、付記 3 記載の可変光減衰器。

#### 【 0 0 7 5 】

(付記 1 1) 該受光部が、一方の面に P 電極、他方の面に N 電極の設けられた複数のフォトダイオードを該他方の面が接するよう導電性の透明基板上にアレイ状に配列したアレイ型フォトダイオードにより構成されるとともに、上記の各フォトダイオードの該 N 電極の共通端子が該透明基板上に設けられたことを特徴とする、付記 5, 6 又は 1 0 に記載の可変光減衰器。

#### 【 0 0 7 6 】

(付記 1 2) 該受光部が、一方の面に P 電極とその周囲部に構成された N 電極とが設けられた複数のフォトダイオードを透明基板上にアレイ状に配列したアレイ型フォトダイオードにより構成されたことを特徴とする、付記 5, 6 又は 1 0 に記載の可変光減衰器。

(付記 1 3) 複数の入力光ファイバが接続されるとともに該入力光ファイバからの光をそれぞれ入力光とする複数の入力レンズをそなえた入力光学系と、  
該入力光学系の出力側に設けられた第 1 の複屈折部材と、  
該第 1 の複屈折部材から出射される各入力光の偏光状態を可変しうる液晶部材と、

該液晶部材の出力側に設けられた第 2 の複屈折部材と、

複数の出力光ファイバが接続されるとともに該第 2 の複屈折部材からの出力光を集光して対応する出力光ファイバに結合する複数の出力レンズをそなえた出力光学系とをそなえたことを特徴とする、可変光減衰器。

【0077】

(付記 14) 該入力光学系、該第 1 の該液晶部材、該液晶部材、該第 2 の複屈折部材及び該出力光学系が一体化されていることを特徴とする、付記 13 記載の可変光減衰器。

(付記 15) 該入力光学系が、

該複数の入力光ファイバをアレイ状に配列して接続する入力ファイバアレイブロックと、該複数の入力レンズを該入力ファイバアレイブロックでの該入力光ファイバの配列に応じてアレイ状に配列した入力レンズアレイブロックとにより構成されるとともに、

該出力光学系が、

該複数の出力光ファイバをアレイ状に配列して接続する出力ファイバアレイブロックと、該複数の出力レンズを該出力ファイバアレイブロックでの該出力光ファイバの配列に応じてアレイ状に配列した出力レンズアレイブロックとにより構成されたことを特徴とする、付記 13 又は付記 14 に記載の可変光減衰器。

【0078】

(付記 16) 該液晶部材が、該入力光ファイバから出射された光毎にその偏光状態を制御するために、液晶と当該液晶に電界を印加するための電極との組を複数組そなえて構成されたことを特徴とする、付記 13～15 のいずれか 1 項に記載の可変光減衰器。

(付記 17) 該液晶部材が、該第 1 の複屈折部材において分離される該入力光の異なる偏光成分毎にその偏光状態を制御するために、液晶と当該液晶に電界を印加するための電極との組を複数組そなえて構成されたことを特徴とする、付記 13～15 のいずれか 1 項に記載の可変光減衰器。

【0079】

【発明の効果】

以上詳述したように、本発明の可変光減衰器によれば、以下のような効果ない

し利点が得られる。

(1) 入出力光学系に接続された複数の入力光ファイバと複数の出力光ファイバとの間において、反射部材を用いて各入力光を複屈折部材及び液晶部材に往復通過させ、液晶部材にて各入力光の偏光状態を制御することで、出力光ファイバへの光結合量を各入力光、即ち、チャンネル毎に自由に可変するので、多チャンネル対応の可変光アッテネータを、多チャンネル化に伴う大型化や実装面積拡大を抑制して小型且つ低コストで実現可能となる。

#### 【0080】

(2) ここで、上記の入出力光学系、複屈折部材、液晶部材及び反射部材を一体に構成すれば、可変光減衰器の一層の小型化を図ることが可能である。

(3) また、上記の各入力光ファイバ及び各出力光ファイバをファイバアレイブロックによりアレイ状に配列して接続し、上記の各入力レンズを及び各出力レンズをレンズアレイブロックにより上記各光ファイバの配列に応じてアレイ状に配列するようにすれば、チャンネル数が増加した場合でも、各部材のアレイ化により一括構成が可能なため、部品点数を大幅に削減して1チャンネル当たりの単価を従来のものよりも大幅に削減できる。

#### 【0081】

(4) さらに、上記の入力光ファイバ間及び出力光ファイバ間のピッチを、上記の入力レンズ間及び出力レンズ間のピッチよりも広く設定すれば、偏波消光比を向上することができるので、チャンネル間干渉を抑制することができる。

(5) また、上記の反射部材を、該液晶部材からの光の一部を透過するカップラ膜として構成し、そのカップラ膜の表面にカップラ膜からの透過光を受光する入力光モニタ用の受光部を設ければ、入力光パワーをモニタすることが可能になるので、光出力可変部品として必要不可欠な光モニタ機能を内蔵でき、且つ、小型で低コストな可変光減衰器を実現することができる。

#### 【0082】

(6) さらに、上記の反射部材により反射された光のうち液晶部材において偏光状態が可変されることによって出力光ファイバに結合されない光を受光する出力光モニタ用の受光部を設ければ、光減衰量をモニタすることが可能となるので、

同様に、光出力可変部品として必要不可欠な光モニタ機能を内蔵でき、且つ、小型で低コストな可変光減衰器を実現することができる。

#### 【0083】

(7)また、上記の液晶部材を、上記の入力光ファイバから出射される光毎、あるいは、上記の複屈折部材において分離される入力光の異なる偏光成分毎にその偏光状態を制御するために、液晶と当該液晶に電界を印加するための電極との組を複数組そなえて構成すれば、チャンネル毎、あるいは、チャンネルの異なる偏光成分毎に個々にその偏光状態を制御することができるので、光減衰量の制御をより精密に行なえ、偏波消光比の向上が期待できる。

#### 【0084】

(8)さらに、上記の液晶部材を、液晶分子と当該液晶分子を挟み込むガラス板とをそなえて構成するとともに、一方のガラス板の表面に上記の反射部材を成膜すれば、液晶部材と反射部材とを一体化することができるので、可変光減衰器のさらなる小型化を図ることができる。

(9)また、上記のファイバアレイブロックとレンズアレイブロックとの間に、光軸方向に対して交差する方向に入射光の一部を反射するプリズム部を設けるとともに、このプリズム部により反射された光を受光する入出力光モニタ用の受光部を設ければ、入力光及び／又は出力光パワーをモニタすることができるので、この場合も、光出力可変部品として必要不可欠な光モニタ機能を内蔵でき、且つ、小型で低コストな可変光減衰器を実現することができる。

#### 【0085】

(10)さらに、上記の受光部は、一方の面にP電極、他方の面にN電極の設けられた複数のフォトダイオードをその他方の面が接するよう導電性の透明基板上にアレイ状に配列したアレイ型フォトダイオードにより構成するとともに、上記の各フォトダイオードのN電極の共通端子を上記透明基板上に設ける構造とすれば、N電極毎にN電極端子を設ける必要がないので、配線数を削減して効率化することができ、可変光減衰器のさらなる小型化を図ることが可能となる。

#### 【0086】

(11)一方、上記の受光部を、一方の面にP電極とその周囲部に構成されたN電

極とが設けられた複数のフォトダイオードをアレイ状に配列したアレイ型フォトダイオードにより構成すれば、透明基板に用いることのできる材料の制限を緩和して、材料選択幅を広げることができる。したがって、可変光減衰器のさらなる低コスト化を図ることが可能となる。

【0087】

(12)なお、本可変光減衰器を、反射部材を用いず入力光学系と出力光学系とを個別に構成した場合であっても、出力光ファイバへの光結合量をチャンネル毎に自由に可変できるので、可変光減衰器を従来よりも低コストで実現できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

(A) は本発明の第1実施形態としての可変光減衰器の基本構成を光路も併せて示す模式的平面図、(B) は(A) に示す可変光減衰器の模式的側面図である。

【図2】

図1 (A) 及び図1 (B) に示す可変光減衰器を部分的に透明にして示す模式的斜視図である。

【図3】

本実施形態に係る液晶素子の動作原理を説明するための模式図である。

【図4】

本実施形態に係る液晶素子の動作原理を説明するための模式図である。

【図5】

本実施形態に係る液晶素子の動作原理を説明するための模式図である。

【図6】

本実施形態に係る液晶素子の動作原理を説明するための模式図である。

【図7】

(A) は本実施形態に係る液晶素子の要部の構成を示す模式的平面図、(B) は(A) のA矢視側面図である。

【図8】

本実施形態の可変光減衰器の具体例を説明すべくアレイ型可変光減衰器の構成

を示す模式的平面図である。

【図 9】

本実施形態に係るアレイ型可変光アッテネータの製品概観例を示す図で、（A）はアレイ型可変光アッテネータの製品概観を示す模式的上面図、（B）は同じ製品概観を示す模式的側面図である。

【図 1 0】

本実施形態のアレイ型可変光アッテネータの第 1 変形例を示す模式的平面図である。

【図 1 1】

本実施形態のアレイ型可変光アッテネータの第 2 変形例を示す模式的平面図である。

【図 1 2】

本実施形態のアレイ型可変光アッテネータの第 3 変形例を示す模式的側面図である。

【図 1 3】

（A）～（C）はいずれも本実施形態に係るフォトダイオード（PD）の第 1 構成を説明するための図である。

【図 1 4】

（A）～（C）はいずれも本実施形態に係るフォトダイオード（PD）の第 2 構成を説明するための図である。

【図 1 5】

本発明の第 2 実施形態としての可変光減衰器の基本構成を光路も併せて示す模式的平面図である。

【図 1 6】

（A）は従来の平面型の光導波路デバイス（PLC）を用いた可変光減衰器の構成を示す模式的平面図、（B）は（A）に示す可変光減衰器の模式的側面図である。

【符号の説明】

1 a 入力光ファイバ



- 1 b 出力光ファイバ
- 2, 2 A, 2 B ファイバアレイブロック
- 2 a 入力ポート (光導波路)
- 2 b 出力ポート (光導波路)
- 3, 3 A, 3 B レンズアレイブロック
- 3 a 入力レンズ (コリメートレンズ)
- 3 b 出力レンズ (集光レンズ)
- 4, 4 A, 4 B 複屈折結晶 (複屈折部材)
- 4 1 常光
- 4 2 異常光
- 4 3, 4 4 出力ポートに結合しない光線
- 5 液晶素子 (液晶部材)
- 5 1, 5 2 ガラス板
- 5 3 液晶
- 5 3' 液晶分子
- 5 4 シール材
- 5 5 a, 5 5 b 透明電極
- 6 反射素子 (全反射膜：反射部材)
- 6 a カプラー膜 (反射素子)
- 1 0 テープファイバ
- 1 1 プリモールドパッケージ
- 1 2 電気端子
- 1 3 プリズム
- 1 3 a, 1 3 b カプラー膜
- 1 4 a, 1 4 b, 2 0, 3 1, 3 2, 6 1 P D (受光部)
- 2 1, 2 1' 透明基板
- 2 2 P 電極
- 2 3 N 電極
- 2 4 P 電極端子

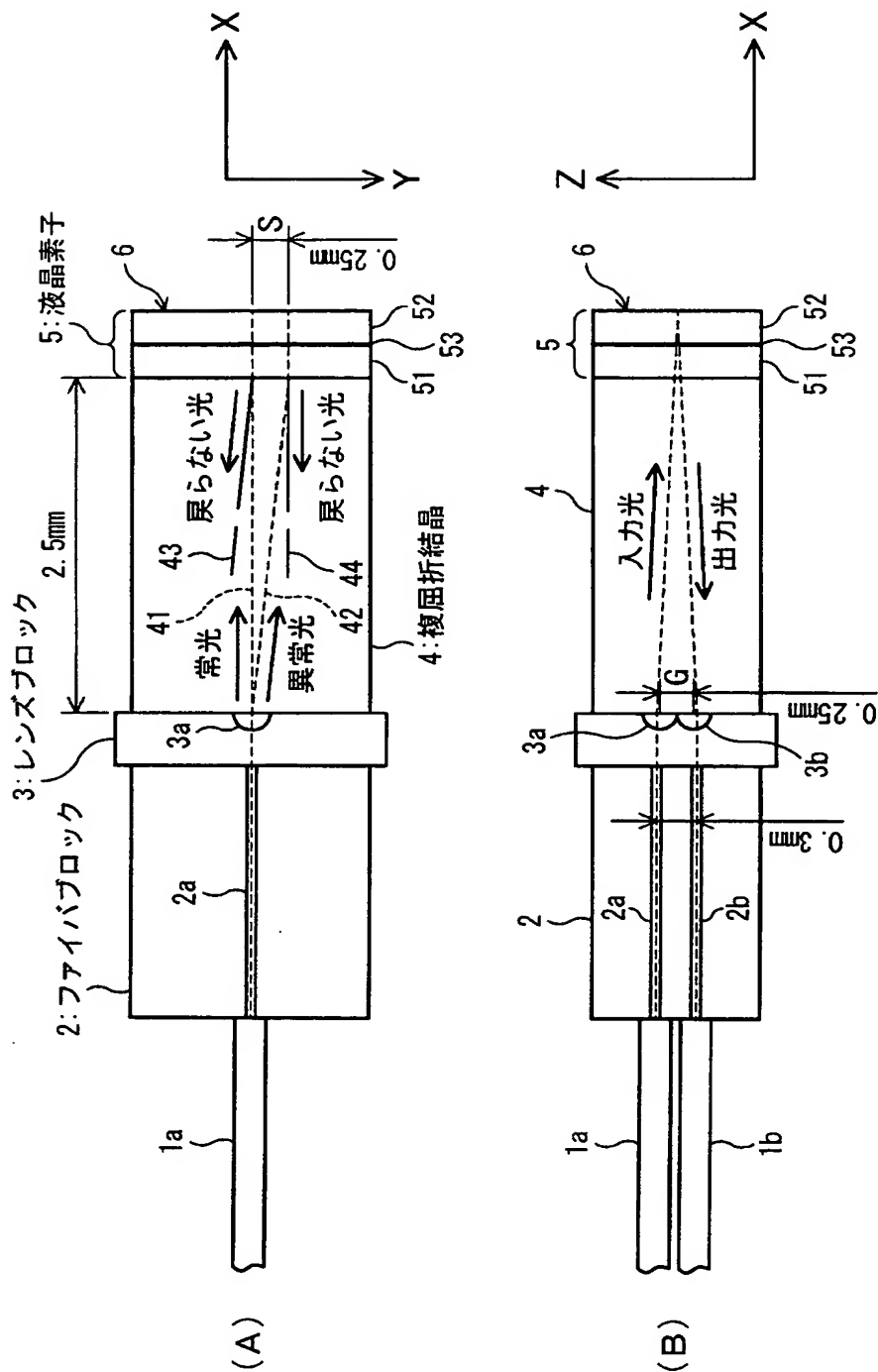
2 5 N電極共通端子

2 6 N電極端子

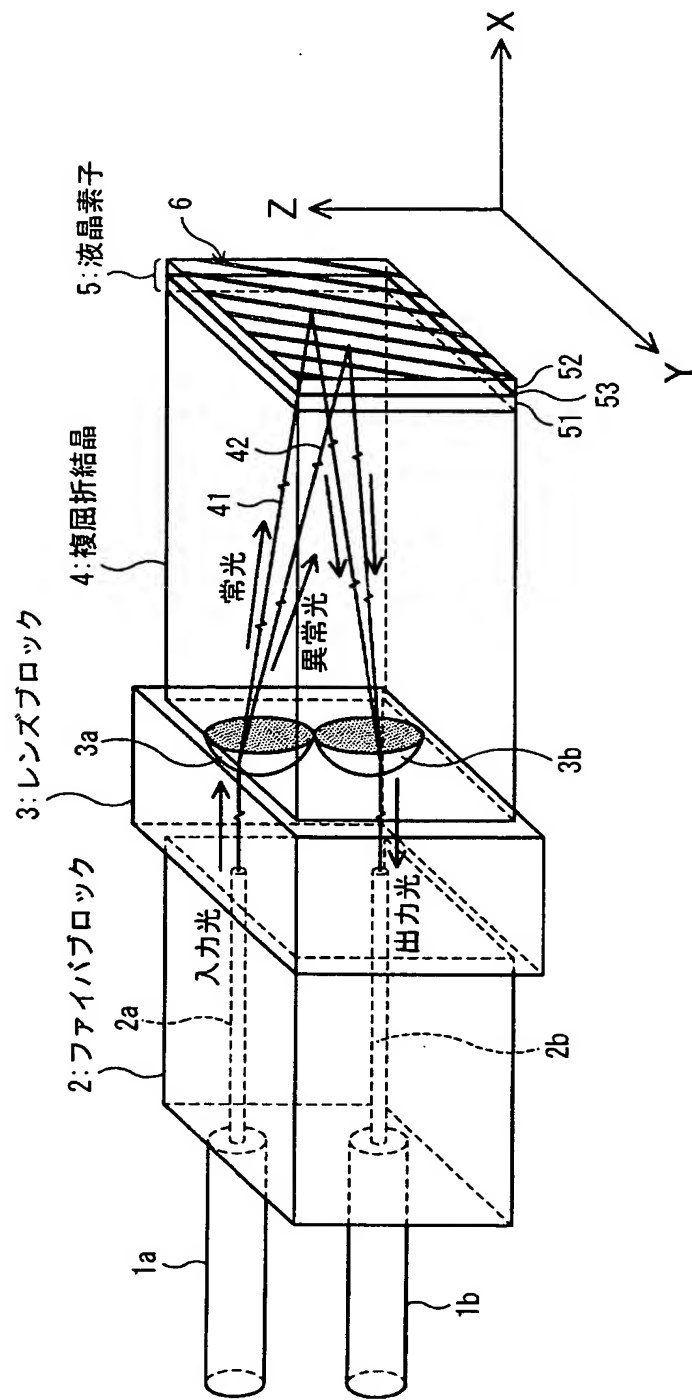
3 0 P D ブロック

【書類名】 図面

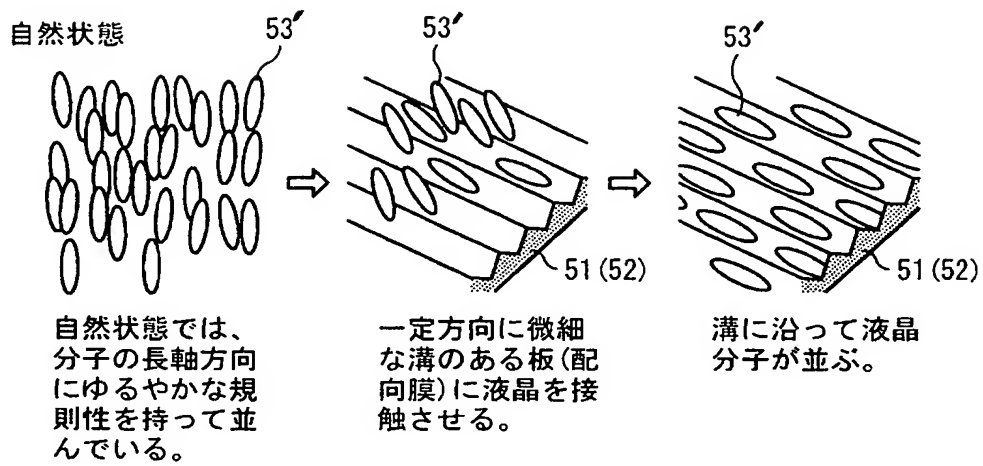
【図 1】



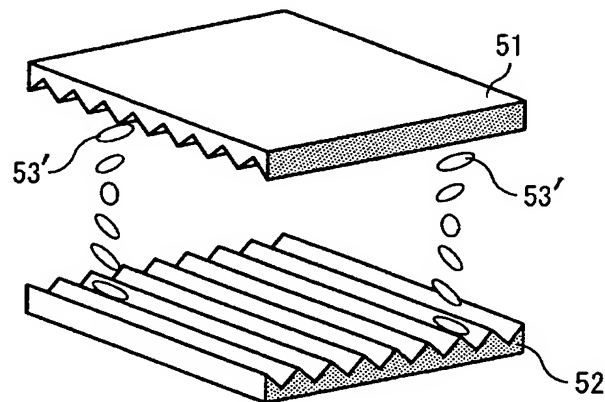
【図 2】



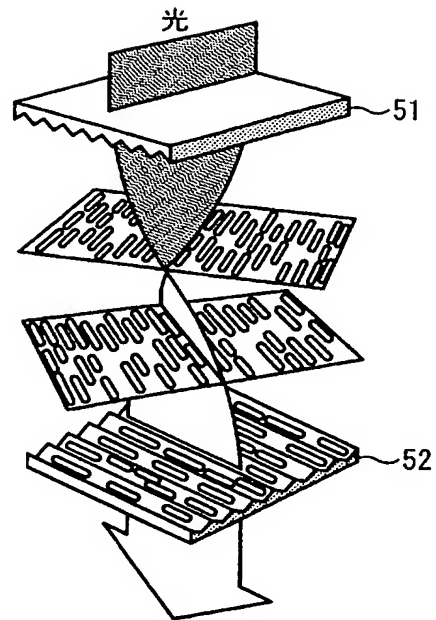
【図 3】



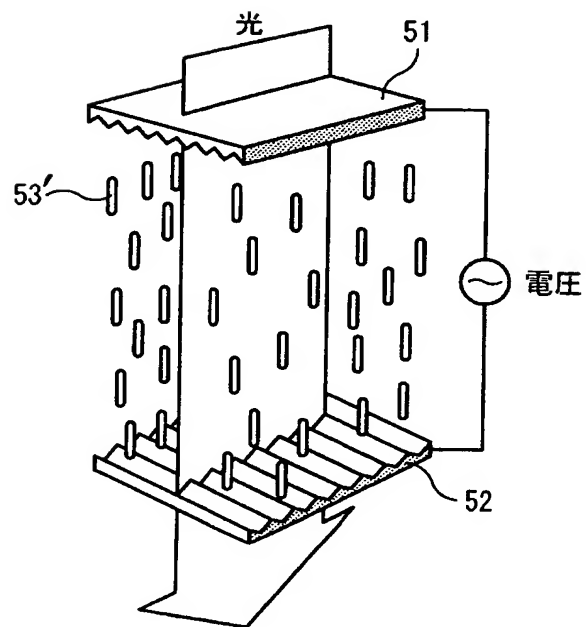
【図 4】



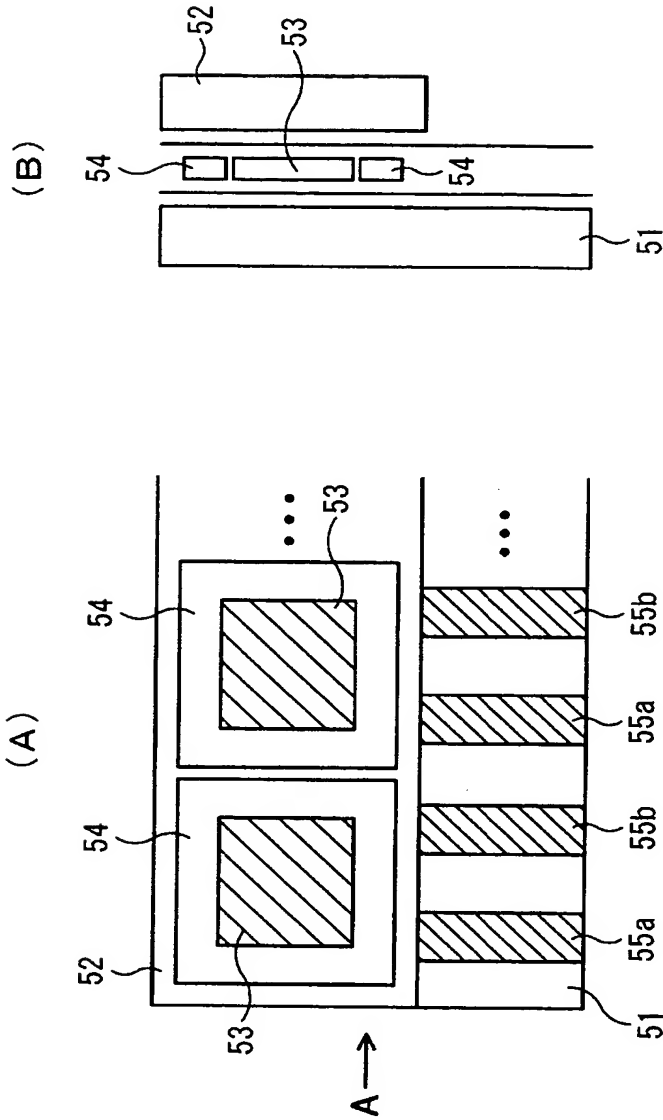
【図 5】



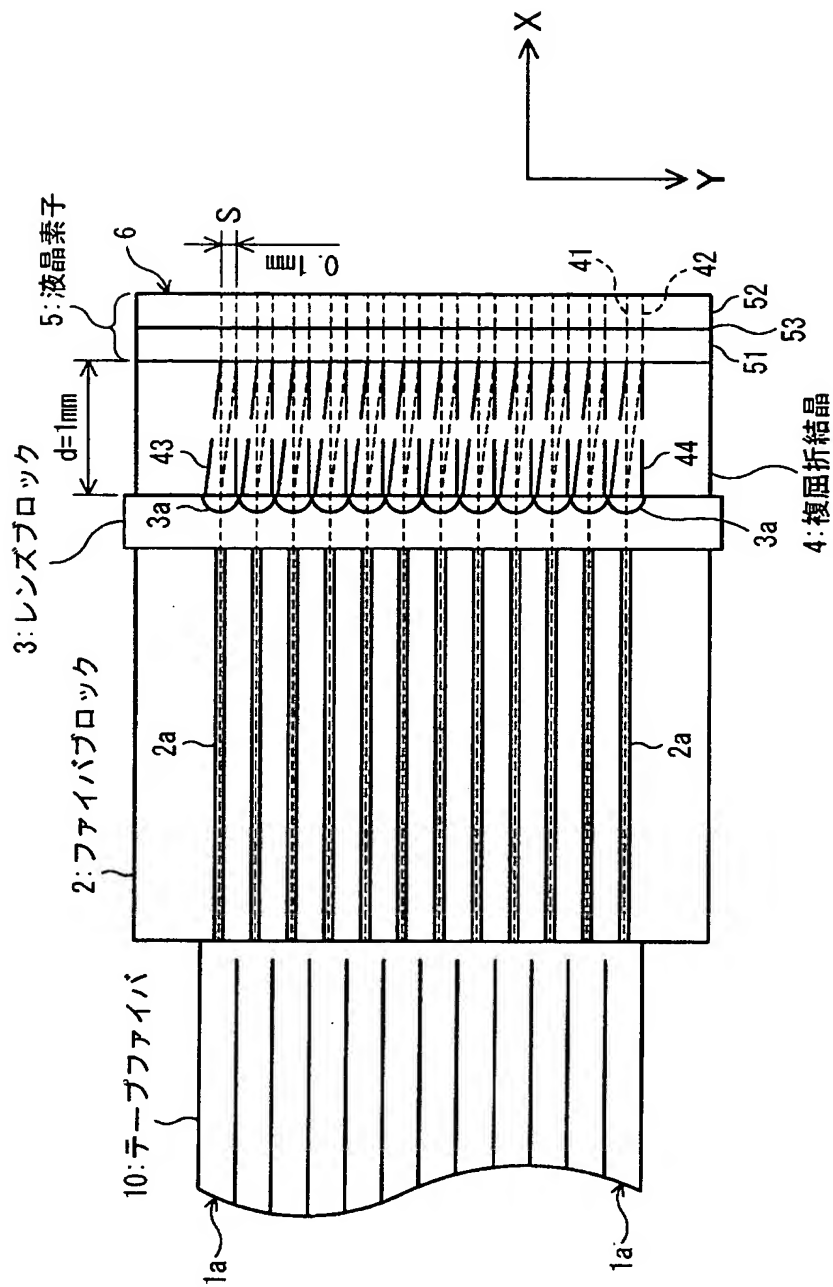
【図 6】



【図 7】

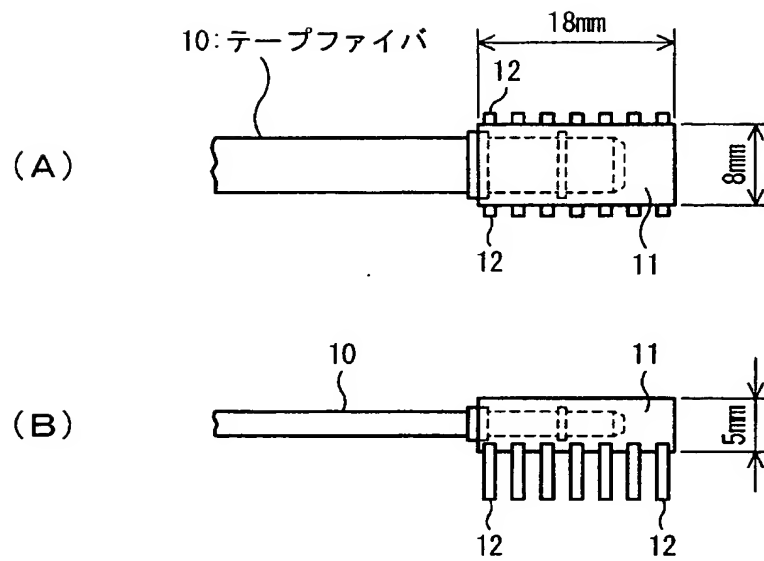


【図 8】

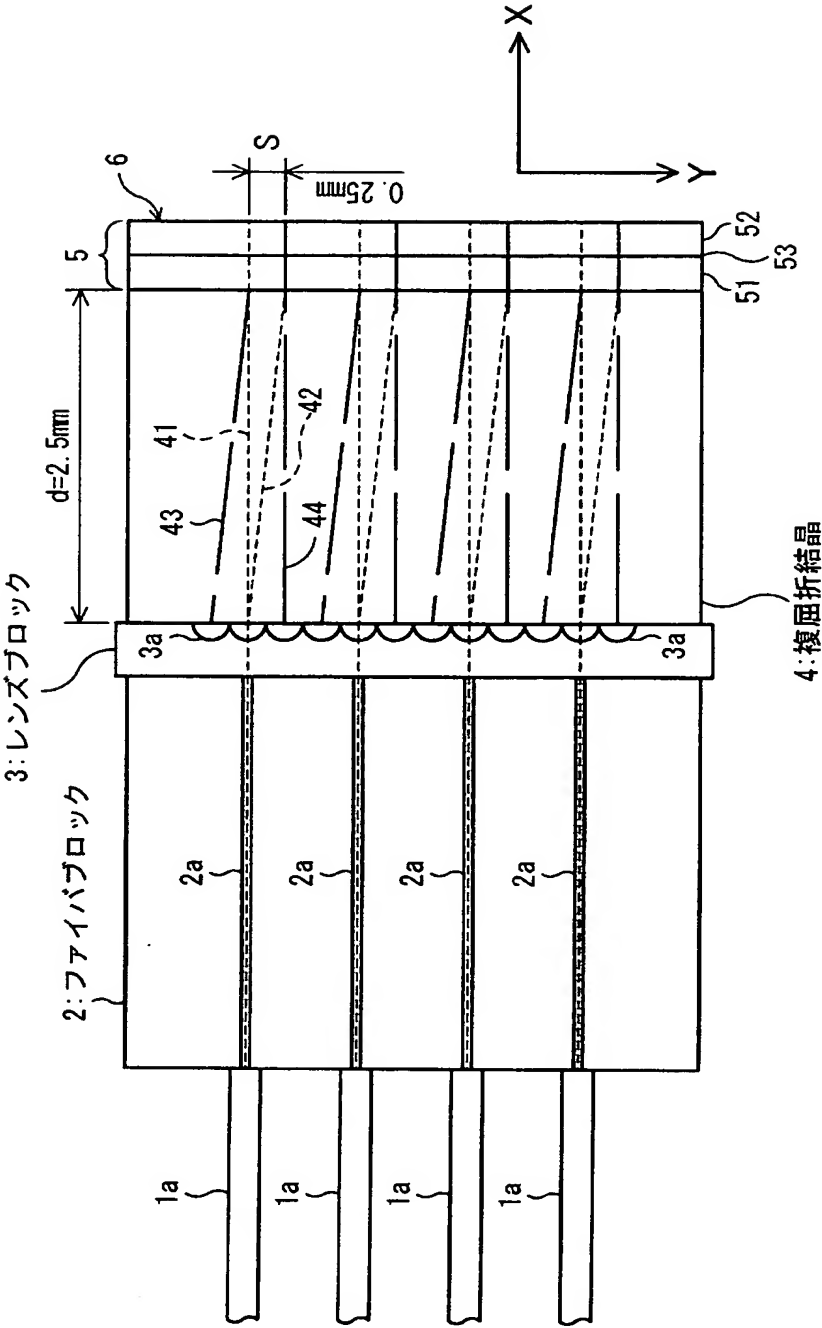




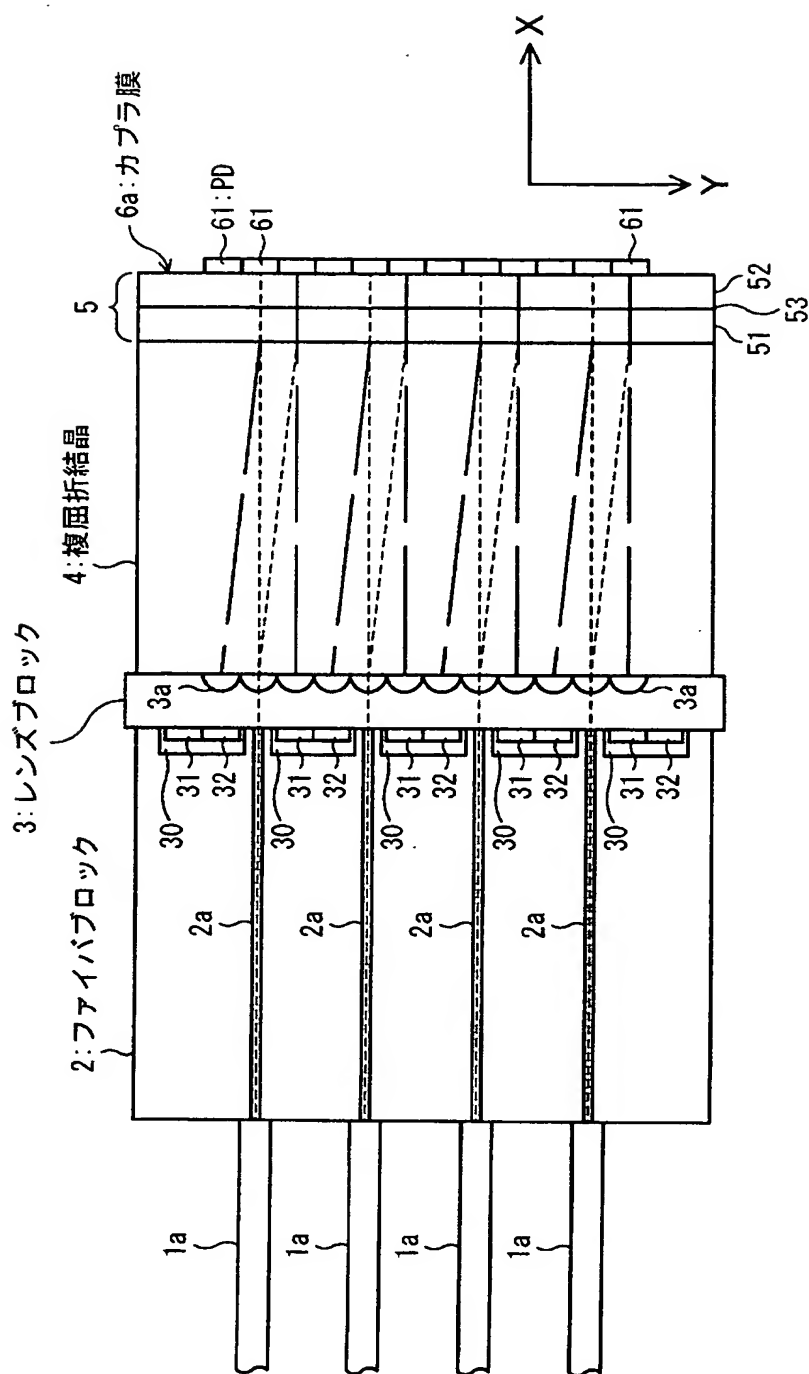
【図 9】



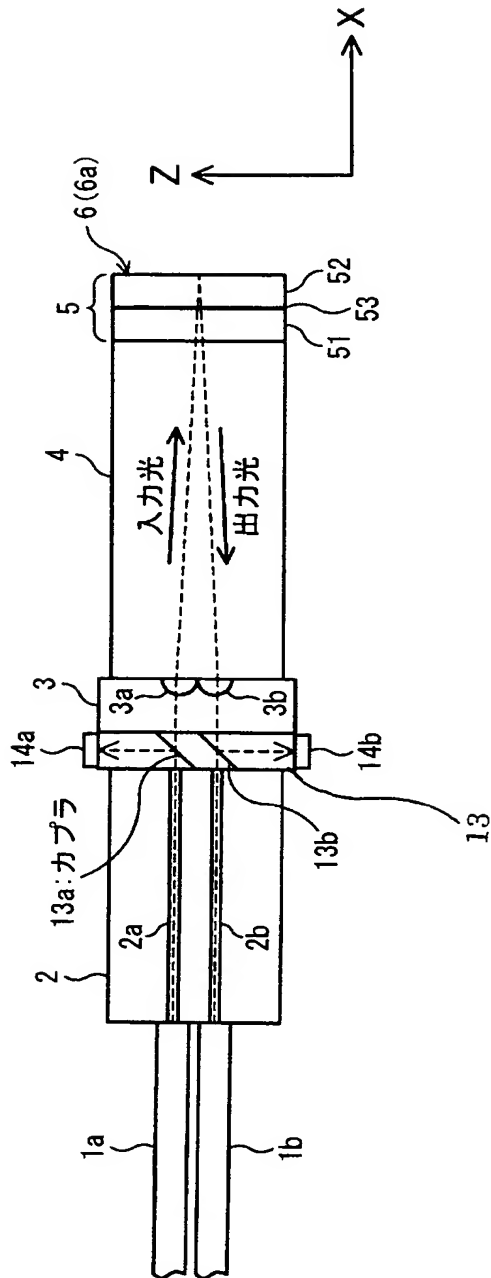
【図10】



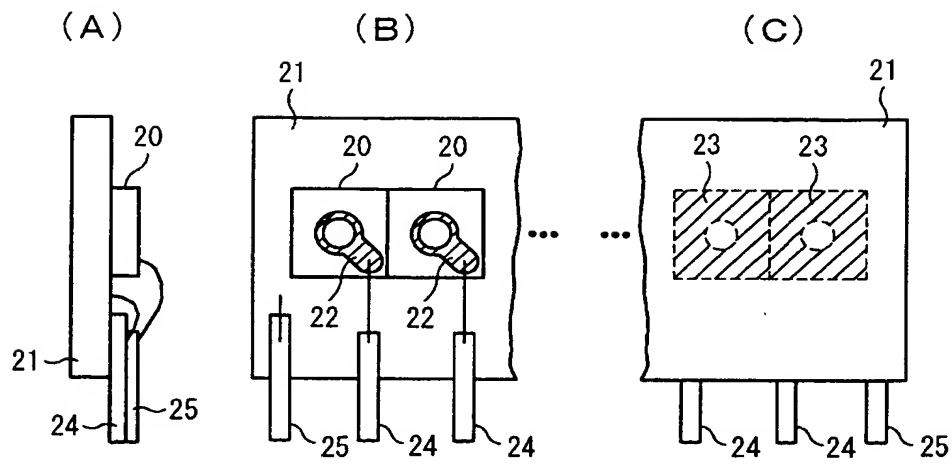
【図 11】



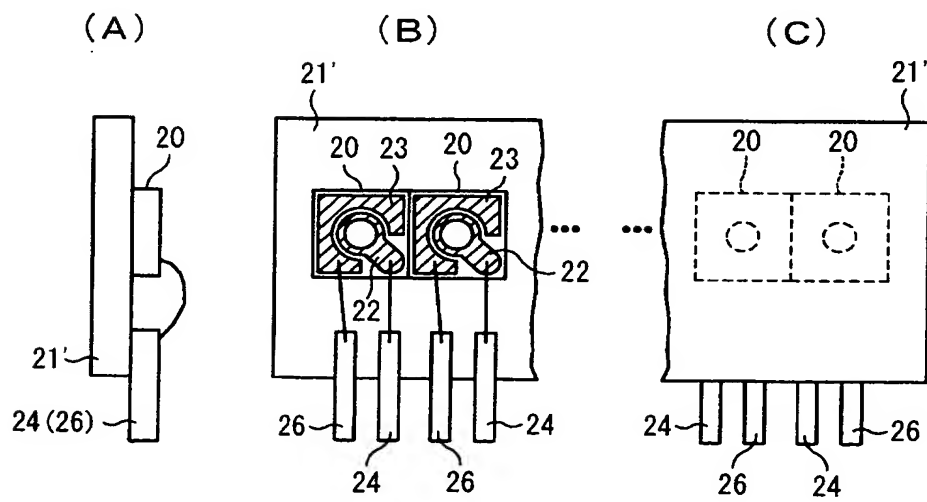
【図 12】



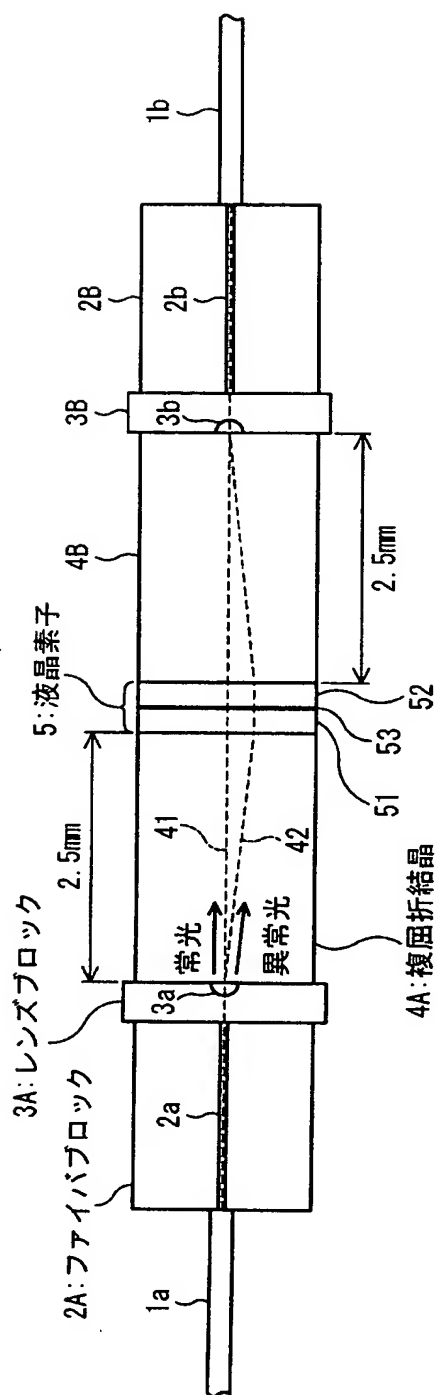
【図 13】



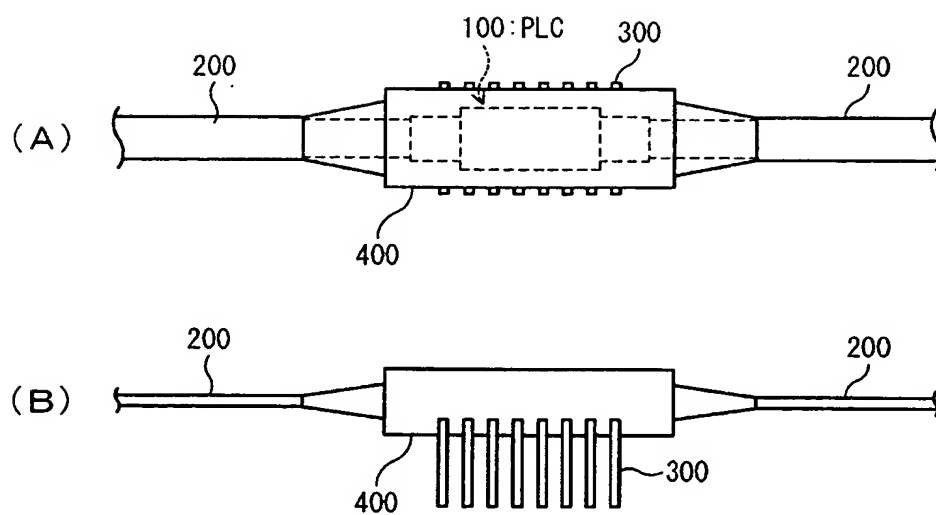
【図 14】



【図 15】



【図 16】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 従来よりも小型で低コストな可変光減衰器を提供する。

【解決手段】 入出力光学系 2, 3 と、この入出力光学系 2, 3 の出力側に設けられた複屈折部材 4 と、この複屈折部材 4 から出射される各入力光の偏光状態を個々に可変しうる液晶部材 5 と、この液晶部材 5 を透過する光を反射して液晶部材 5 及び複屈折部材 4 を通じて上記入出力光学系 2, 3 の出力レンズ 3 b へ戻す反射部材 6 とをそなえるように構成する。

【選択図】 図 2



特願 2 0 0 3 - 0 1 1 4 2 4

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 0 0 0 0 0 5 2 2 3 ]

1. 変更年月日

1 9 9 6 年 3 月 2 6 日

[変更理由]

住所変更

住 所

神奈川県川崎市中原区上小田中 4 丁目 1 番 1 号

氏 名

富士通株式会社